

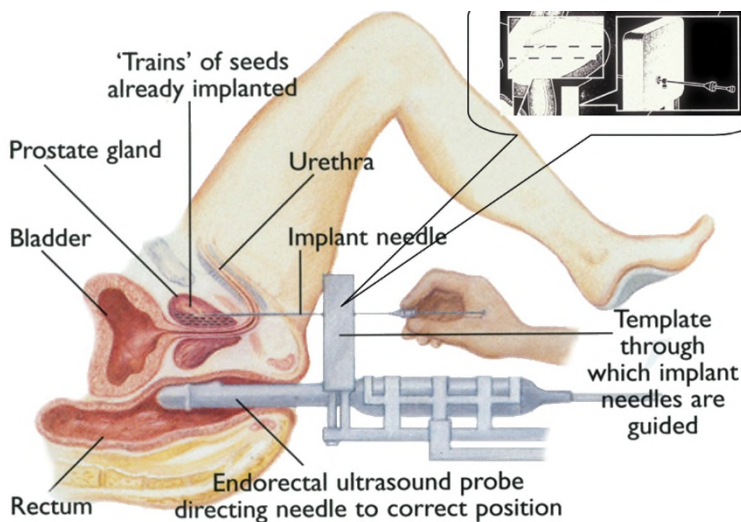
Noteer niet uitsluitend de antwoorden, maar ook je redeneringen (in correct Nederlands) en de formules die je gebruikt hebt! Maak daar waar nodig een schets van de situatie. Let op het juiste aantal significante cijfers en vergeet de eenheden niet! Maak de opgaven in de juiste volgorde en werk netjes.

**Met potlood geschreven tekst wordt niet gecorrigeerd!  
Het gebruik van Tipp-Ex is niet toegestaan.**

### Opgave 1

Brachytherapie staat voor inwendige bestraling. Het is een vorm van radiotherapie waarbij een stralingsbron enige tijd in, of in de nabijheid, van ziek weefsel wordt gebracht. Er zijn twee varianten voor de behandeling van prostaatkanker. De zogenaamde LDR- (Low Dose Rate, oftewel laag dosistempo) en de HDR- (High Dose Rate, oftewel hoog dosistempo) behandeling.

In het geval van een LDR-behandeling worden jood-125 bronnen (zogenaamde zaadjes) via holle naalden in de prostaat geplaatst. Deze bronnen geven hun energie in ongeveer een jaar tijd af en blijven daarna permanent in het lichaam zitten. In nevenstaande afbeelding zie je hoe dit wordt toegepast als behandeling tegen prostaatkanker.



Er worden 40 tot 80 van die jood-125 bronnen in het lichaam geplaatst. De gehele behandeling duurt zo'n tweeënehalf uur.

a) **Bereken** hoeveel procent van het jood-125 na een jaar is vervallen.

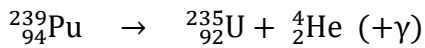
Bij een bepaalde behandeling moet een stukje weefsel van 8,0 g een dosistempo van 1,0 Gy per uur ontvangen op het moment van inbrengen van de stralingsbronnen. De gemiddelde energie van de bij het verval van jood-125 uitgezonden  $\gamma$ -deeltjes is 28 keV. Neem aan dat 80% van de uitgezonden straling door het stukje weefsel wordt opgenomen.

b) **Bereken** de gemiddelde totale activiteit die de ingebrachte stralingsbronnen moeten hebben.

## Opgave 2

Na het uiteenvallen van de Sovjet-Unie is er regelmatig radioactief materiaal naar West-Europese landen gesmokkeld. Zo werd in mei 1994 in Duitsland een man gearresteerd die een potje zogenaamd 'rood kwik' (kwikantimonaat) bij zich had. Dit potje bleek ook radioactief materiaal te bevatten, namelijk plutonium-239.

De vervalvergelijking van plutonium-239 is:



Om te onderzoeken of er radioactief materiaal in het potje zat, kon de politie kiezen tussen een badge en een GM-teller.

- Maak een keuze tussen deze twee hulpmiddelen en beargumenteer je keuze door beide hulpmiddelen met elkaar te vergelijken.
- Bereken** met behulp van het massadefect hoeveel energie bij het verval van plutonium-239 vrijkomt in joule.

Onderzoek wees uit dat de activiteit van het plutonium in het potje  $1,4 \cdot 10^{10}$  Bq was.

- Bereken** hoeveel gram plutonium-239 er tijdens het onderzoek in het potje zat.

## Opgave 3

De massieke activiteit van C-14 is min of meer constant en bedraagt 220 Bq/kg.

De activiteitsbepaling vindt plaats met behulp van een telbuis. De telbuis wordt gevuld met  $\text{CO}_2$  dat ontstaat bij verbranding van het te onderzoeken materiaal.

De efficiëntie van de gebruikte telbuis voor C-14 bedraagt 96%.

Uit een achtergrondtelling van 30 uur bepaalde men een achtergrondteltempo van gemiddeld 0,0025 tellen per seconde.

In de telbuis wordt 0,278 g C-14 gebracht in de vorm van  $\text{CO}_2$  verkregen door verbranding van een monster van prehistorisch hout. Het aantal tellen in 30 uur bedraagt 590.

- Leg uit** wat massieke activiteit betekent.
- Geef de vervalvergelijking voor het verval van C-14.
- Bereken** de ouderdom van dit voorwerp.

De halveringstijd van C-14 bedraagt 5730 jaar.

Dit onderdeel is tamelijk uitgebreid, werk stap voor stap en geef een duidelijke en volledige toelichting. Deelstappen leveren ook punten op!

